

УДК 553.984;552.54;551.253

ПОРОДЫ-КОЛЛЕКТОРЫ ДОЮРСКИХ КАРБОНАТНО-КРЕМНИСТО-ГЛИНИСТЫХ ОТЛОЖЕНИЙ ЗАПАДНО-СИБИРСКОЙ ГЕОСИНЕКЛИЗЫ

А.Е. Ковешников

Томский политехнический университет
ТФ Института нефтегазовой геологии и геофизики СО РАН, г. Томск
E-mail: Kovesha@mail.ru

Кремнисто-карбонатные и кремнисто-глинистые образования юго-восточной части Западно-Сибирской геосинеклизы, а именно Нюрольского структурно-фациального района, сформированы в участках бассейновой седиментации позднедевонского и раннекарбонного возраста. Наряду с накоплением биогенного кремнезема в осадках, происходило его перераспределение в диагенезе и раннем катагенезе с формированием микрокварцитовых пород по известнякам верхнего девона. В стадию континентального стояния региона и формирования кор выветривания по выходам на доюрскую поверхность палеозойских отложений, эти породы подвергались гипергенному выщелачиванию. В период вторично-катагенетического преобразования пород в них сформировались породы-коллекторы трещинного типа гидротермально-метасоматической природы как в результате проявления процесса каолинизации с сидеритизацией, так и в результате гидротермального выщелачивания.

Ключевые слова:

Вторично-катагенетические преобразования, доюрские отложения, Западно-Сибирская геосинеклиза, метасоматоз, трещинообразование, порода-коллектор.

Key words:

Secondary catagenetic transformation, prejurassic deposits, Western-Siberian geosineclise, metasomatism, formation of cracks, brecciated-the collector.

Палеозойские отложения Западно-Сибирской геосинеклизы, интерес к формированию в которых месторождений нефти и газа в последние годы значительно возрос, представлены двумя группами пород-коллекторов: карбонатными, подвергающимися процессам вторично-катагенетической гидротермально-метасоматической доломитизации и выщелачивания; кремнисто-глинистыми, преобразованными воздействием процессов гипергенного выщелачивания в период континентального стояния региона с последующими гидротермальными каолинизацией с сидеритизацией и вторично-катагенетическим выщелачиванием.

Нами, в последние годы для палеозойских отложений Западно-Сибирской геосинеклизы, в частности, ее юго-восточной части (Нюрольского осадочного бассейна [1], для которого [2] предложено наименование Чузиско-Чижапской зоной нефтегазоаккумуляции) все процессы, ведущие к формированию пород-коллекторов подразделены на три периода [3]: диагенез и первичный катагенез, проявившиеся со времени накопления осадка до превращения его в породу и последующими преобразованиями раннего катагенеза (венд — карбон); период континентального стояния региона в пермский и триасовый периоды, когда проявились процессы поверхностного выщелачивания с формированием кор выветривания и бокситов (пермь — триас); вторично-катагенетические преобразования палеозойских пород, которые для перекрывающих их мезозойских отложений являются первично-катагенетическими (с начала накопления осадков юрско-палеогенового моря).

Выделенные две группы пород, по которым формируются породы-коллекторы, претерпевают эти три периода определенные изменения. Пре-

образованию карбонатных отложений рассмотрены нами в [4], настоящая статья посвящена роли кремнезема в формировании пустотного потенциала в первично-осадочных кремнисто-глинистых и карбонатных, гидротермально окремненных, породах.

Как нами показано в [3] палеозойские отложения целесообразно рассматривать как литолого-петрографические толщи, характеризующиеся близким составом и условиями формирования и сопоставимым пустотным потенциалом. Описываемые отложения на изученной территории подразделяются: на сформировавшиеся в бассейновых условиях с первично-осадочным кремнеземом; на образования рифогенно-аккумулятивного комплекса с окремнением, проявившемся в диагенезе, которые в гипергенезе и в стадию вторично-катагенетического преобразования пород претерпели гипергенное, и затем гидротермальное выщелачивание.

Палеозойские отложения, в той или иной степени обогащенные кремнеземом, подразделяются на четыре литолого-петрографические толщи. Кремненакопление начинается в начале позднего девона с формированием в бассейновых условиях толщи кремнеаргиллитовой с радиоляритами (соответствует чагинской свите), затем в турнейский, визейский, в начале и середине серпуховского веков нижнего карбона параллельно накапливаются две толщи: туфогенно-глинистая с прослоями известняков (соответствует кехорегской свите бассейнового комплекса) и известняков окварцованных со спонголитами (соответствует табганской свите рифогенно-аккумулятивного комплекса), где отмечается широкое проявление гидротермально-метасоматического окремнения. Обе толщи перекрыты отложениями терригенной с прослоями ту-

фов толщи (соответствует средневасюганской свите) конца серпуховского века раннего — начала башкирского века среднего карбона.

Кремнисто-карбонатные образования юго-восточной части Западно-Сибирской геосинеклизы

Впервые большое количество кремнезема отмечено в отложениях верхнего девона в толще кремнеаргиллитовой с радиоляритами, завершающей накопление глинисто-карбонатных осадков во впадине, в которой последовательно отлагались отложения чузикской и чагинской свит среднего и верхнего девона, именуемых совместно тартасской серией. Тартасская серия сложена следующими литолого-петрографическими толщами (снизу вверх): известняково-глинисто-гравелитовой, карбонатно-глинистой битуминозной, завершается формирование тартасской серии образованиями толщи кремнеаргиллитовой с радиоляритами. Появление кремнезема в отложениях толщи связано с развитием кремнеизвлекающего планктона.

Толщу кремнеаргиллитовую с радиоляритами слагают:

Кремнеаргиллиты. Это серые, светло-серые с зеленоватым оттенком породы (прослой 10...20, до 0,5...40 мм), переслаиваются с силицитами (радиоляритами). Скелетные остатки (10...20 %) представлены остатками радиолярий, очень редки створки или целые раковины остракод и трубки водорослей. Раковины радиолярий выполнены кварцем, или заместившим его каолинитом, сидеритом или кальцитом, раковины остальных групп организмов выполнены кальцитом. Цемент гидрослюдисто-каолинистый, обогащенный примесью новообразованного кальция или сидерита. Отмечаются участки, обогащенные примесью обломочного кварца и плагиоклазов.

Силициты (радиоляриты). Это серые, темно-серые, до черных, породы (прослой 10...15 мм, реже 2...30 мм), часто линзы или линзовидные утолщения слоев, обычно переслаиваются с кремнеаргиллитами. Скелетные остатки, представлены раковинами радиолярий (40...50 %, реже до 70 % породы), выполненных кварцем или заместившим его кальцитом, сидеритом или каолинитом. Цемент кремнистый с примесью глинистых минералов, частично преобразован вторичными процессами: выщелачиванием, сидеритизацией.

Эпизодически встречаются прослой известняков зоо-фитогенных биоморфных (водорослево-фораминиферо-радиоляриевых), известняков зоо-фитогенных биогенных (фораминиферо-водорослевых), известняковых мелкогалечниковых конгломерато-брекчий, известково-глинистых силицитов, глинистых силицитов (радиоляритов), известковых аргиллитов.

Отложения толщи в подошве содержат прослой известняков, исчезающих вверх по разрезу. Весь разрез тартасской серии, это осуществляющаяся в верхнем девоне трансгрессия, что подтверждается выпадением вверх по разрезу известняков.

Толщу туфогенно-глинистую с прослоями известняков продолжающую ряд отложений бассейнового комплекса, с биогенным извлечением кремнезема слагают:

Аргиллиты с примесью туфогенного материала. Это серые, темно-серые с коричневым оттенком породы. Структура микрозернистая, текстура слоистая. Скелетные остатки (1...5 % породы) представлены остатками остракод, однокамерных фораминифер, выполненных кальцитом, и остатков спикул губок, выполненных кварцем. Постоянная примесь агрегатов туфового материала, в виде уплощенных фрагментов (0,1 на 1...5 мм, до 5 %), выполненных агрегатом глинистых минералов, со следами пузырьков и редких игольчатых, реже таблитчатых кристаллов плагиоклазов с двойниковой структурой. Цемент глинистый (смесь каолинита, гидрослюды и хлорита).

Мергели со спикулами губок. Это темно-серые с коричневым оттенком породы. Структура микрозернистая, текстура слоистая, с ориентированным расположением обрывков туфогенного материала, расположением спикул губок. Скелетные остатки (до 40 % породы) представлены спикулами губок, выполненными кварцем, реже остатками криноидей, целыми раковинами остракод, выполненными кальцитом. Цемент кальцитовый с примесью глинистых минералов и вторичного пирита.

Верхняя часть толщи характеризуется наличием в составе аргиллитов все возрастающего количества фрагментов криноидей (появление которых знаменует время обмеления бассейна) и началом накопления известняков зоогенных биоморфно-детритовых (криноидно-фораминиферовых) с примесью обломков гиалобазальтов.

Толща известняков окварцованных со спонголитами сформировалась на мелководных участках в непосредственной близости от образований толщи туфогенно-глинистой с прослоями известняков. Ее слагают: **Известняки зоогенные биоморфно-детритовые (криноидно-фораминиферовые).** Это серые, темно-серые, иногда с коричневым оттенком породы. Структура микро-тонкозернистая, участками мелкозернистая, текстура слоистая. Скелетные остатки (70...95 % породы) представлены членами криноидей, целыми раковинами многокамерных фораминифер (выполнены кальцитом или заместившим его каолинитом), спикулами губок, выполненными кварцем или вторичным каолинитом, сидеритом или кальцитом. Цемент карбонатный с примесью глинистого материала, либо глинистый, в обогащенных спикулами губок породах цемент глинисто-кремнистый. Отмечается постоянное наличие фрагментов гиалобазальтов, окруженных корочкой пузырчатой лавы базальта.

Глинистые силициты (спонголиты). Это светло-серые, серые и темно-серые с желтоватым или зеленоватым оттенком породы (прослой 0,5...3,0 мм), реже серии тонкого переслаивания с аргиллитами (до 30...40 мм). Скелетные остатки (50 %, реже до 80 % породы) представлены спикулами губок, выполнен-

ными кварцем, или замесившим его каолинитом, сидеритом, или же на их месте развиты поры. Цемент кремнистый или кремнисто-глинистый мелко-тонкозернистый, частично сидеритизированный с примесью гидроокислов железа бурого цвета. Породы могут переходить в аргиллиты с повышенным (до 30...40 % породы) количеством остатков спикул губок, криноидеями, многокамерными фораминиферами, водорослевыми нитями, выполненными кальцитом или замесившим его сидеритом, реже кварцем. Цемент глинистый, плотно облекают скелетные остатки и содержат вкрапленность новообразованных кальцита, сидерита или кварца.

В отложениях толщи, кроме описанных, установлены: туфоаргиллиты, лито-кристалло-витрокластические и кристалло-кластические туфы, брекчии глинисто-кремнистых пород, гиалобазальты, пузырчатая лава базальтового порфирита.

Общими для параллельно накапливающимися образований нижнего карбона являются вторично-катагенетические породы:

Карбонатно-микрокварцитовые породы (по известнякам). Это светло-серые, серые с коричневым или желтоватым оттенком породы тонко-мелкозернистой структуры, слоистой текстуры, содержащие скелетные остатки (50...80 % породы), представленные спикулами губок, выполненными биогенным кварцем, целыми раковинами многокамерных фораминифер, фрагментами раковин остракод, члениками криноидей, выполненными кальцитом, или замесившим его кварцем. Цемент представлен глинисто-кремнистым агрегатом, где кварц замещает кальцит.

Микрокварциты. Это светло-серые с коричневым оттенком пористые и микрокавернозные породы существенно кремнистого или кремнисто-каолинистового состава, по составу полностью отвечающие карбонатно-микрокварцитовым породам, но расположенным в зоне проявления гипергенных процессов. При этом выносятся весь остаточный карбонатный материал, а в образующихся порах и кавернах иногда образуются корочки крустификационного доломита.

Толща терригенная с прослоями туфов. Образования толщи завершают разрез, представленный породами, обогащенными биогенным кремнеземом, когда дифференциация дна бассейна завершилась и, в результате регрессии, морской бассейн завершал свое существование. Толщу составляют:

Аргиллизированные или глинизированные туфы. Это серые и темно-серые породы, представленные смесью каолинита и смешанно-слоистых гидрослюд-монтмориллонита (до 25 % разбухающей фазы). Скелетные остатки (до 10 % породы) представлены остатками спикул губок и радиолярий, выполненными кварцем. Они равномерно рассеяны в породе, наравне с редкими обломками кварца угловатой формы, размером до 0,3 мм. Цемент глинистый с примесью карбонатных минералов, таких как манганосидерит, доломит, родохрозит, кальцит. Основным вторичным процессом являет-

ся выщелачивание с выносом карбонатных и кремнистых биогенных минералов. Часть образующихся пор заполнена каолинитом и сидеритом.

Туфоалевролиты, туфопесчаники, туфогравелиты, туфоконгломераты. Это темно-серые с бурым оттенком породы. Обломочная часть породы представлена глинистыми агрегатами размером от 0,05 до 15 мм, сцементированными глинистой основной массой. Тип породы определяется по крупности преобладающих обломков. В цементе постоянно присутствуют гидроокислы железа в виде пленок или рассеянные равномерно. Отмечается пузырчатая структура некоторых обломков.

Вторичные преобразования кремнисто-глинистых отложений

Четыре толщи, литологический состав пород которых показан выше, по способу формирования подразделяются на две группы: глинисто-кремнистые породы с биогенным извлечением кремнезема, в той или иной степени преобразованные первоначально в период континентального стояния региона, а затем и во вторично-катагенетический период проявления вторичных процессов (табл. 1, 2); известняки, лишенные терригенной примеси, которые в стадию диагенеза и первичного раннего катагенеза были окремнены, и затем прошли стадии гипергенного, затем вторично-катагенетического преобразования (табл. 2, 3).

Зона приповерхностного преобразования пород отличаются повышенными значениями пористости и матричной проницаемости, закономерно убывающими при удалении от доюрской поверхности. Зоны появления трещинной проницаемости характеризуются повышенными значениями трещинной проницаемости, и могут сопровождаться некоторым уменьшением значений пористости, что, вероятно, связано с химизмом вторично-катагенетических процессов (сидеритизация, сопровождающая каолинизацию). Вторично-катагенетические преобразования могут быть наложены на зону проявления процессов гипергенеза. Точно говорить о трещинной природе коллектора можно только в случае, если они будут отделены от измененных в зоне проявления гипергенеза пород участком развития пород-неколлекторов.

Коллекторские свойства отложений кремнеаргиллитовой с радиоляритами толщи изучены нами на примере ряда скважин (табл. 1). В данных отложениях зоной гипергенной проработки можно считать участок повышенных значений пористости, приуроченных к доюрской поверхности, в то время как проявление вторично-катагенетических преобразований связано с трещинной проницаемостью, сопровождаемой, в ряде случаев, при повышенных значениях проницаемости, даже уменьшением значений пористости. Отчетливо устанавливается зона гипергенной проработки, в пределах до 70 м. Вторично-катагенетические преобразования проявились в виде зон 2...15 м, разделенных участками пород-неколлекторов. Верхняя вто-

рично-катагенетическая зона наложена на зону проявления гипергенных процессов, что привело к уничтожению матричной проницаемости, и проявлению проницаемости трещинной, сопровождаемой проявлением вторично-катагенетических каолинизации и сидеритизации [6].

Таблица 1. Коллекторские свойства отложений толщи кремнеаргиллитовой с радиоляритами (переслаивание кремнеаргиллитов, радиоляритов и известняков). Северо-Калиновская скважина 21

Интервал, м	Вторичные изменения пород	Пористость откры- тая, $K_{от}$, %	Проница- емость, $K_{пр}$, 10^{-3} мкм ²		Тип коллектора*	
			ма- трич- ная	тре- щин- ная	матрич- ный	трещин- ный
2917...2924	выветре- лые	18,4		5,0		BVI (M,T)
2924...2929		15,2	Нет	Нет	Нет	Нет
2936...2942		12,7		67,4		BIV
2942...2946		4,15	23,2	1,3	BVI (T)	Нет
2946...2951		14,7	2,6	Нет	BVI (M,T)	
2951...2956		0,1	22,5	0,3	Нет	
2956...2960		20,0	4,3		BVI (M,T)	
2960...2962	21,3	15,2	Нет	BV		
2965...2968	пористые	15,5	52,9	68,1	BIV	BVI (T)
2968...2970		15,1	22,3	1,65	BV	Нет
2972...2974		10,2	Нет	Нет	Нет	
2974...2977		12,6				
2977...2979		13,2				
2979...2981		7,8				
2983...2985		18,0				
2987...2989	трещино- ватые	2,9	45,8		BVI (T)	Нет
2969...2991	Нет	3,8	Нет	0,06	нет	
3001...3003	трещино- ватые	5,65	15,7	0,4	BVI (T)	
3007...3009		6,4	40,1	0,09	BV	
3011...3012		0,8	23,7	Нет	BVI (T)	
3012...3016		2,2	6,6		BVI (M,T)	
3014...3015	Нет	0,15	Нет	0,08	Нет	
3016...3021	трещино- ватые	2,0	39,1	0,4	BVI (M,T)	
3032...3037		5,1	39,7	Нет	BVI (T)	
3051...3057	Нет	3,4	Нет		Нет	
3082...3067	трещино- ватые	1,6	39,9		BVI (T)	
3087...3089		2,2	13,5			
3122...3124	Нет	0,6	15,5		Нет	
3149...3152		0,3	15,1			
3171...3174		0,5	Нет			

* Тип коллектора здесь и далее по К.И. Багринцевой с добавлениями. Ниже 3003 м появляются прослой и линзы известняков. Ниже 3032 м проходит ВНК.

Для толщи известняков окварцованных по скважине Герасимовской 7 (табл. 2) имеются данные по трещинной проницаемости. Здесь весь разрез толщи характеризуется формированием пород-коллекторов, говорить об их природе сложно. Что же касается аналогичного по стратиграфическому строению разрезу скважины Герасимовской 5, то здесь имеются данные как по трещинной, так и по матричной проницаемости. Значения пори-

стости сопровождаются повышенными значениями матричной проницаемости, кроме двух верхних интервалов, пустотное пространство которых могло быть заполнено вторичными глинистыми минералами из вышележащей толщи.

Таким образом, для толщи известняков окварцованных установлено формирование в зоне гипергенеза пород-коллекторов матричной природы, в наложении на весь разрез скважины (включая и зону гипергенных коллекторов) участков развития коллекторов трещинной природы.

Таблица 2. Коллекторские свойства отложений толщи известняков окварцованных, перекрытых аргиллизированными туфами толщи терригенной с прослоями туфов

Интервал, м	Состав пород	Пористость открытая, $K_{пр}$, %	Проницаемость, $K_{пр}$, 10^{-3} мкм ²		Тип коллектора		
			матричная	трещинная	матричный	трещинный	
Герасимовская скважина 7							
2741,3...2746	Аргиллизированный туф	6,5	Нет	0,2	Нет	Нет	
2746,3...2750	Известняк окварцованный	3,8		4,0		BVI (M, T)	
2750,0...2753		5,7		3,4			
2753,9...2755		19,0		3,5			BVIM
2755,9...2758		3,8		2,3			BVI (M, T)
Герасимовская скважина 5							
2767,0...2774	Аргиллизированный туф	14,5	Нет	0,58	Нет	Нет	
2775,5...2782		17,8		0,8			
2791,4...2794	Известняк окварцованный	10,9	1,18	Нет			
2794,4...2799		10,6	Нет	0,1			
2799,4...2804	Микрокварцит пористый	20,4	4,6	47,7	BVI (M)	BV	
2804,7...2810		5,5	5,0	0,4	BVI (M, T)	Нет	
2810,3...2813		19,5	Нет	83,7	Нет	BV	
2813,3...2818		16,0		3,3		BVI (M, T)	
2818,3...2820		19,3		1,7		BVI (M)	
2820,0...2824		23,4		8,4			
2824,0...2828	Известняк окварцованный	10,1	Нет	Нет	Нет		
2828,0...2830		5,05	4,6	2,3	BVI (M, T)	BVI (M, T)	
2841,0...2845	Аргиллит	4,1	Нет	0,1	Нет	Нет	
2850,0...2854	Известняк, спонголит	3,7	0,1	Нет			
2854,0...2858	Известняк трещиноватый	3,2	2,1	0,3	BVI (M, T)		
2861,0...2866		8,6	5,6	Нет			
2866,0...2869	Известняк глинистый	2,9	Нет	0,3	Нет		
2869,0...2873		9,2					
2873,0...2875	Известняк окварцованный	5,6	10,0	Нет	BVI (T)		

Таблица 3. Коллекторские свойства отложений толщи туфогенно-глинистой с прослоями известняков. Герасимовская скважина 14

Интервал, м	Кремнистые породы нефтенасыщенные	Пористость открытая, K_p , %	Проницаемость матричная, $K_{пр}$, 10^{-3} мкм ²	Тип коллектора
2888...2895	кавернозные	7,98	4,97	BVI (M, T)
2888...2895		8,11	4,72	
2895...2901		11,36	1,01	BVI (T)
2895...2901		11,3	1,01	
2901...2905		10,5	7,89	BVI (M, T)
2901...2905		11,3	5,75	
2905...2909		16,95	1,71	
2905...2909		12,42	2,64	
2905...2909		16,6	1,71	
2905...2909		12,0	4,11	
2913...2916		16,42	10,88	BV
2913...2916		15,7	10,2	
2919...2922	плотные	10,7	0,08	Нет
2997...3000		8,21	0,27	

По отложениям толщи туфогенно-глинистой с прослоями известняков вскрыты отложения, преобразованные в зоне гипергенеза. В отдельных участках отмечается проявление трещинных зон, в которых проницаемость понижена и осуществляется по трещинам, в то время как матрица заполнена вторичными минералами.

В отложениях толщи терригенной с прослоями туфов (табл. 2) даже в зоне проявления ги-

пергенных процессов пород-коллекторов не установлено.

Выводы

1. Кремнисто-карбонатные и кремнисто-глинистые породы юго-восточной части Западно-Сибирской геосинеклизы накапливались в бассейновых условиях в позднем девоне и раннем карбоне, и на всей территории в конце раннего – начале среднего карбона. В раннем карбоне наряду с накоплением толщ с биогенным кремнеземом происходило диагенетическое окремнение известняков рифогенно-аккумулятивных.
2. Породы-коллекторы в кремнисто-глинистых и кремнисто-карбонатных породах формируются как при гипергенезе в период континентального стояния региона, так и в период вторично-катагенетического преобразования пород в виде трещиноватых зон гидротермально-метасоматической проработки.
3. Зоны вторично-катагенетической трещинной проработки могут как накладываться на зоны, претерпевшие гипергенное выщелачивание, так и развиваться по породам, отделенным от доюрской поверхности участками развития пород-неколлекторов.
4. Территория распространения пород-коллекторов гипергенной природы будут соответствовать площади распространения бассейновых отложений позднедевонского, и раннекарбонного возраста по всей площади их распространения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Конторович А.Э., Иванов И.А., Ковешников А.Е. и др. Геологические условия нефтегазоносности верхней части палеозойского разреза Западной Сибири (на примере Межовского срединного массива) // В кн.: Теоретические и региональные проблемы геологии нефти и газа / под ред. И.С. Грамберга и др. – Новосибирск: Наука, 1991. – С. 152–171.
2. Конторович В.А. Сейсмогеологические критерии нефтегазоносности зоны контакта палеозойских и мезозойских отложений Западной Сибири (на примере Чузиско-Чижанской зоны нефтегазоаккумуляции) // Геология и геофизика. – 2007. – Т. 48. – № 5. – С. 538–547.
3. Ковешников А.Е., Недоливко Н.М. Коры выветривания доюрских отложений Западно-Сибирской геосинеклизы // Известия Томского политехнического университета. – 2012. – Т. 320. – № 1. – С. 77–81.
4. Ковешников А.Е. Формирование пород-коллекторов в доюрских карбонатных отложениях Западно-Сибирской геосинеклизы // Известия Томского политехнического университета. – 2012. – Т. 321. – № 1. – С. 132–137.
5. Ковешников А.Е. Ловушки нефти и газа в доюрских отложениях Западно-Сибирской геосинеклизы (Томская область) // Известия Томского политехнического университета. – 2011. – Т. 319. – № 1. – С. 152–155.
6. Ковешников А.Е., Недоливко Н.М. Вторично-катагенетические преобразования доюрских пород Западно-Сибирской геосинеклизы // Известия Томского политехнического университета. – 2012. – Т. 320. – № 1. – С. 82–86.

Поступила 20.02.2012 г.